

GABA 미강 및 미강추출물 첨가에 의한 식빵의 텍스처 및 저장성의 변화

오수진¹ · 권영희¹ · 신해현² · 김현수^{1,3} · 최희돈⁴ · 임승택^{1,*}

¹고려대학교 생명공학과, ²백석문화대학 외식산업학부, ³설곡주식회사, ⁴한국식품연구원 식품가공연구센터

Changes in physical characteristics of white pan bread by addition of GABA rice bran and its extract

Su-Jin Oh¹, Young-Hoi Kwon¹, Hae-Hun Shin², Hyun Soo Kim^{1,3}, Hee-Don Choi⁴, and Seung-Taik Lim^{1,*}

¹Department of Biotechnology, Korea University

²Division of Food Service Industry, BaekSeok Culture University

³Seolgok Co. Ltd.

⁴Food Processing Research Center, Korean Food Research Institute

Abstract A rice bran physically treated to increase the residual gamma amino butyric acid (GABA) content (200 mg/100 g) or its hot-water extract (200 mg/100 g) was added into a white pan bread, and changes in the physical properties including color, and volume and texture changes during storage at room temperature were examined. The addition of bran powders had negative effects on bread quality and storage stability whereas that of rice bran extract (RBE) improved the storage stability of bread. The lightness of bread crumbs decreased but the volume of bread slightly increased after addition of the RBE. The increase in crumb hardness during storage was retarded by the RBE addition. The residual concentration of GABA in bread was increased 38-fold when 20% of RBE was added. The addition of RBE to white pan bread improved the resistance to staling and health-promoting function because of GABA.

Keywords: rice bran, staling, gamma-aminobutyric acid, bread, texture

서 론

식생활의 간편화 및 서구화에 인해 제빵류의 소비가 증가하는 추세이며, 관련된 제빵 산업계에서는 신제품 개발 및 품질 향상을 위한 연구가 지속적으로 수행되고 있다. 한편 현대인들의 불규칙한 생활 및 부적절한 식사습관과 함께 환경 오염 및 스트레스 증가로 인하여 다양한 건강기능성 성분에 대한 관심은 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.

제빵류 중 식빵은 가장 소비가 많은 제품으로, 밀가루를 주원료로 하고 물, 식염, 효모 및 식품첨가물 등을 혼합하여 발효시킨 후 구워 낸다. 하지만, 제빵이 끝난 후부터 화학적·물리적 변화가 일어나며(Bechtel 등, 1953), 수분의 감소 및 텍스처가 단단해 지는 노화 현상이 일어나면서 품질이 떨어져 저장성이 매우 취약하다(He과 Hosney, 1990). 빵의 노화 억제와 저장성 향상을 위한 연구는 오랫동안 수행되어 오고 있으며, 유화제 혹은 당류 등 다양한 화학 첨가제들을 사용하는 방법, 효소를 사용하는 방법, 그리고 보수력이 높은 검류 등 천연 소재를 사용하는 방법 등이 보고되고 있다(Lee과 Moon, 1994). 최근 화학첨가제에 대한 안전성 우려 및 거부감이 높아짐에 따라 천연/자연 소재의

활용이 적극 권장되고 있으며, 특히 식이 섬유 및 건강기능성 성분을 함유하고 있는 보리, 귀리 등을 첨가하여 빵의 품질 및 건강기능성을 향상시키는 연구가 수행되고 있다(Ragae 등, 2011).

벼(*Oryza sativa* subsp. *Japonica*)의 도정과정에서 부산물로 얻어지는 미강(rice bran)은 식이 섬유 뿐 아니라 다양한 기능성 성분을 함유하여 빵의 저장성 및 건강기능성 향상에 효과적인 것으로 알려져 있다(Skurray 등, 1986). 미강에는 식물성 단백질, 지방, 바이타민(B, E), 무기질(칼슘, 인, 마그네슘, 철) 및 식이 섬유(Arab 등, 2011; Kim 등, 2004)뿐만 아니라 페놀계 성분, 플라보노이드, 감마오리자놀(γ -oryzanol), 토크페놀, 토크트리엔올(tocotrienol), 페룰산(ferulic acid), 피트산(phytic acid), 감마아미노뷰티르산(gamma-aminobutyric acid, GABA) 등 다양한 생리활성 물질이 존재한다(Bhat과 Riar, 2017; Sharif 등, 2014). 한편 미강유를 제조하고 얻어지는 부산물인 탈지 미강을 빵에 첨가할 경우 저장성과 산화방지력이 향상되었다는 보고도 있다(Sairam 등, 2011). 하지만 단순히 미강을 첨가할 경우 함량이 적을 때는 빵의 품질 향상에 효과가 있을 수 있지만, 첨가량이 10% 이상일 경우에는 반죽의 팽창도, 빵의 비용적 및 전반적 기호도가 감소하는 문제점이 있다고 보고되었다(Abdul-Hamid과 Luan, 2000).

미강에 함유된 건강기능성 성분 중 GABA는 비단백질 아미노산으로 포유류의 중추신경계에서 억제성 신경전달물질 중 하나로, 혈압 감소(Inoue 등, 2003; Kalueff과 Nutt, 1996), 간기능 개선(Oh 등, 2003), 암세포의 세포사멸(Oh와 Oh, 2004), 기억력 개선(Kalueff와 Nutt, 1996), 스트레스 저감 효과(Vaiva 등, 2004) 등 다양한 생리활성기능이 있는 것으로 알려져 있다. 하지만 다양한 식품에 자연적으로 존재하는 GABA는 그 함량이 매우 적고, 식

*Corresponding author: Seung-Taik Lim, Department of Biotechnology, Korea University, Seoul 02841, Korea
Tel: +82-2-3290-3435
Fax: +82-2-927-5201
E-mail: limst@korea.ac.kr
Received October 12, 2018; revised November 9, 2018;
accepted November 13, 2018

품가공 중 열에 의해 쉽게 손실되어 자연의 GABA만으로는 생리활성 증진 효과를 기대하기는 어렵다(Lim과 Kim, 2009). 최근 미강 내 GABA 함량 증진 방법의 하나로 잔류하는 GABA 합성 효소의 활성을 증진시키는 물리적 스트레스 처리 방법(Kim 등, 2015)과 GABA의 전구 물질을 첨가하는 방법(Oh 등, 2019)이 소개된 바 있다.

본 연구에서는 물리적 처리를 통하여 GABA 함량이 증가된 미강 및 이를 열수 추출한 미강추출액을 빵에 첨가하여 건강기능성을 향상시키고, 물리적 특성 및 저장성에 미치는 효과를 분석하여, 친환경 천연/자연 첨가제로서 미강의 활용 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용된 미강은 농협(Jinchun, Korea)에서 제공된 것을 -60°C에 보관하여 사용하였으며, 밀가루는 대한제분(Seoul, Korea), 설탕, 소금은 (주)제일제당(Seoul, Korea), 버터는 (주)롯데(Cheonan, Korea), 효모는 Jenico Yeast Co. Ltd. (Pyeongtaek, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

감마아미노뷰티르산(GABA), 글루탐산, 설포살리실산(sulfosalicylic acid), 붕산(borax), 아자이드화소듐(sodium azide) 및 오프탈다이알데하이드(ophthalaldehyde, OPA) 및 3-메캅토프로피온산(3-mercaptopropionic acid, MPA)를 포함한 유도체화 시약은 Sigma Chemical Co. Ltd. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 아세트나이트릴, 에탄올, 메탄올 및 아세트산틀 포함하는 분석 시약은 Thermo-Fisher Scientific Co. Ltd. (Waltham, MA, USA)에서 구입하여 사용하였다.

물리적 처리 GABA 미강 및 미강추출물의 제조

Kim 등(2015)의 물리적 스트레스를 처리한 미강 제조 방법을 수정하여, GABA 미강을 제조하였다. 미강에 pH 3의 산성수(electrolyzed oxidizing water, EOW)를 사용하여 30% 수분함량을 갖도록 분무하고, 질소가 충전된 플라스틱 용기에 5시간 동안 저장 후 고압 살균기(121°C, 10분)를 이용하여 살균 처리를 하고, 열풍 건조(60°C, 6시간)하여 제조한 후, 미강의 향미를 주기 위해서 원적외선 곡물 볶음기(Korea Energy Technology Co. Ltd., Seoul, Korea)를 사용하여 볶음 처리(120°C, 12분)하였다. 이렇게 물리적 스트레스 처리를 거친 GABA 미강(GABA 함량 200 mg/100 g)은 100 mesh 체를 사용하여 거른 후 사용하였으며, 미강추출물을 제

조하기 위해서는 70°C에서 1시간 동안 열수 추출하고, 감압농축기를 이용하여 13°Bx 미강추출물(GABA 함량 200 mg/100 g)을 제조하였다.

식빵 제조

식빵 제조는 제빵에 대한 각 구성 요소의 영향을 최소화하기 위해서 재료 조성을 단순화시켰으며, 식빵의 재료 조성은 Table 1과 같다. GABA 미강을 밀가루 기준 5, 10, 15, 및 20% 첨가하여 식빵을 제조하였으며, 미강추출물을 첨가한 식빵은 5, 10, 15, 및 20%의 농축액을 첨가하되, 농축액의 수분 함량인 86.05%만큼 각각 첨가하는 수분의 함량에서 제외하고 제조하였다. 제빵 원료를 발효기(SMP-104C, Daehung Softmill Co. Ltd., Gwangju, Korea)에 넣고, 1차 발효(27°C에서 70분), 2차 발효(35°C에서 40분), 굽기(상온 180°C, 하온 200°C에서 30분) 후 90분 동안 실온에서 냉각시키고, 5 cm의 두께로 잘라 200×300 mm의 투명 폴리프로필렌백에 넣어 포장하여 25°C 실온 온도에서 보관하였다.

부피 측정과 단면도

GABA 미강과 미강추출물을 첨가한 식빵의 부피는 종자치환법(AACC, 72-10)을 사용하여 측정하였다(Campbell 등, 1979). 식빵을 구운 후 12시간 방냉 후 조를 이용한 씨앗치환시험법으로 측정하였다. GABA 미강과 미강추출물을 첨가한 식빵의 단면도는 제조된 식빵을 90분동안 냉각 후 촬영하였다.

색도 측정

GABA 미강 및 미강추출물을 농도별로 첨가하여 제조된 식빵의 crumb 부분과 crust 부분을 가로, 세로 및 높이 각각 40, 40 및 10 mm로 자른 후 측정하였다. 색도는 색차계(Model CM-5, Konica Minolta Co. Ltd., Tokyo, Japan) 를 사용하여 L값(명도), a값(적색도) 및 b값(황색도)을 3회 반복 측정한 후 평균값을 구하였다. 표준 판은 백색 판(white calibration palate)을 사용하였고, 값은 L=98.56, a=-0.06, 및 b=-0.19이었다.

수분함량 측정

GABA 미강 및 미강추출물을 농도별로 첨가하여 제조된 식빵은 실온에서 24시간 보관 후 3일간 측정하였다. 중심 부분의 빵을 5g 취하여 105°C의 dry oven (VS-1202D3, Vision Scientific Co. Ltd., Buchun, Korea)에서 3시간 동안 건조 후 수분함량을 측정하였다.

Table 1. Ingredient formula of white pan breads added with treated rice bran and its extract¹⁾

Ingredients (g)	Control	Rice bran				Rice brain extract			
		P5	P10	P15	P20	E5	E 10	E 15	E 20
Rice bran	-	5	10	15	20	-	-	-	-
Rice brain extract	-	-	-	-	-	5	10	15	20
Bread flour	100	95	90	85	80	100	100	100	100
Water	63	63	63	63	63	59	54	50	46
Yeast	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Salt	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sugar	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Butter	3	3	3	3	3	3	3	3	3

¹⁾Control was the bread without additive, P5-20 samples were the breads containing 5-20% treated rice bran, and E5-20 samples were those containing 5-20% rice bran extract.

텍스처 측정

텍스처 측정은 텍스처분석기(TAXT-Express, SMS Co. Ltd., London, England)를 이용하여 두 번 압축하는 TPA (texture profile analysis) 방법을 사용하였다. GABA 미강 및 미강추출물을 농도별로 첨가하여 제조된 식빵은 실온에서 3일간 측정하였다. 제조된 식빵의 crumb 부분을 가로, 세로, 및 높이 각각 30, 30 및 20 mm로 자른 후 측정하였다. 압축력(test type; measure force compression, return distance; 20 mm, return speed; 10 mm/sec, and contact force; 5 g)을 이용하여 얻어진 힘-거리 커브(force-distance curve)로부터 빵의 경도(hardness), 탄력성(springiness), 그리고 씹힘성(chewiness)의 값을 구하였다.

GABA 함량 측정

제조된 식빵의 GABA 함량을 측정하기 위해 HPLC (Thermo Fisher Scientific Co. Ltd., Waltham, MA, USA)를 이용하였다(Oh 등, 2019). 1 g의 빵은 설포살리실산 용액(4%, 4.5 mL), 에탄올 용액 (80%, 4.5 mL)과 2분 동안 혼합하였다. 혼합물은 70°C의 진탕 물중탕에서 30분 동안 진탕한 후, 15분 동안 원심분리(3,000 rpm, 4°C)하여 상층액을 취하였다. 이 추출 방법을 3번 반복하여 얻은 상층액은 PVDF filter (0.20 µm pore, Advantec, Tokyo, Japan)를 사용하여 여과 후 분석에 사용하였다.

유도체 유도 시약으로는 0.1 M 보르산완충용액에 용해된 오프 탈다이알데하이드와 3-메캅토프로피온산을 사용하였다(Fürst 등, 1990). 시료들과 각각의 시약을 자동 주입 시스템에 의해 반응시켰으며, 주입 부피는 30 µL로 주입하였다. HPLC 분석 컬럼은 C18 column (6 mm×150 mm, Acclaim 120, Dionex, Sunnyvale, CA, USA), 검출기는 형광 검출기(FLD, Ultimate 3000, Thermo Fisher Scientific Co. Ltd.)를 사용하였다. 형광 검출을 위한 excitation 파장은 335 및 390 nm를 선택하였다. 이동상 용매(이동상 A; 10 mM sodium phosphate, 10 mM borax, 0.5 mM sodium azide at pH 8.2, 이동상 B; 45% 아세토나이트릴, 45% 메탄올, 15% 증류수)는 1.2 mL/min의 유속으로 이동상 구배 비율은 0-12 분, 10% B; 12-13분, 10-30% B; 13-17분, 30-90% B; 17-20분, 90-100% B이다.

통계처리

각 실험 결과는 3회 반복한 값의 평균과 표준편차로 나타냈으며, SPSS 프로그램(Statistics Package for the Social Science, Ver. 20.0 for Window, IBM, Armonk, NY, USA)을 이용하여, ANOVA 분석을 실시 하였다. Duncan's multiple range test로 그 유의성을 통계적으로 검증하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

미강 및 미강추출물 첨가 식빵 부피

GABA 미강 및 미강추출물의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 부피, 무게 및 비용적을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 대조구의 부피는 996.7 mL, GABA 미강 첨가구는 5, 10, 15 및 20% 농도별로 각각 893.3, 876.7, 836.7 및 796.7 mL로서, 미강의 첨가량이 증가할수록 부피는 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 미강추출물 첨가구는 5, 10, 15 및 20% 농도별로 각각 998.4, 998.37, 995.0 및 983.4 mL이며, 대조구와 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 대조구와 첨가구의 무게는 262.4-269.8 g으로 큰 차이가 없었다. 식빵의 비용적은 빵 1 g이 차지하는 부피를 의미하며, 대조구의 경우 3.8 mL/g으로 가장 높은 값을 나타냈고, GABA 미강 첨

Table 2. Loaf volume and specific volume of white pan breads added with treated rice bran and its extract¹⁾

Samples	Loaf vol. (mL)	Loaf wt. (g)	Specific vol. (mL/g)
Control	996.7±15.3 ^a	264.9±0.7 ^c	3.8±0.0 ^a
P5	893.3±11.5 ^b	262.4±1.7 ^f	3.4±0.0 ^b
P10	876.7±5.8 ^b	262.9±1.6 ^c	3.3±0.0 ^b
P15	836.7±11.5 ^c	268.2±0.9 ^b	3.1±0.0 ^c
P20	796.7±15.3 ^d	269.8±0.7 ^e	3.0±0.1 ^d
E5	998.4±7.6 ^a	264.1±1.7 ^d	3.8±0.0 ^a
E10	998.37±12.6 ^a	265.2±0.6 ^c	3.8±0.0 ^a
E15	995.0±13.2 ^a	264.7±3.6 ^c	3.8±0.0 ^a
E20	983.4±5.8 ^a	264.7±1.1 ^c	3.7±0.0 ^a

¹⁾Data were expressed as mean±standard deviation of triplicate measurements, and different alphabets in the same column were different with statistical significance ($p < 0.05$). Control was the bread without additive, P5-20 samples were the breads containing 5-20% treated rice bran, and E5-20 samples were those containing 5-20% rice bran extract.

가구는 5, 10, 15 및 20% 농도별로 각각 3.4, 3.3, 3.1 및 3.0 mL/g로서, 첨가량이 증가할수록 비용적은 감소하였다($p < 0.05$). 미강추출물 첨가구는 5, 10, 15 및 20% 농도별로 각각 3.8, 3.8, 3.8 및 3.7 mL/g이며 대조구와 거의 비슷한 값을 나타냈다.

식빵의 단면도(Fig. 1)에서 보이는 바와 같이 GABA 미강 첨가구의 경우 농도가 증가할수록 식빵의 부피가 감소하는 것을 육안으로도 확인할 수 있는 반면, 미강추출물 첨가구는 15%까지는 부피의 감소를 육안으로 확인이 어렵지만, 미강추출물 20% 첨가구에서는 약간의 부피 감소를 확인할 수 있었다.

식빵의 부피는 제빵 중 효모(yeast)의 발효에 의해 생긴 가스를 포집하는 글루텐에 의해 결정되며, 단백질의 함량과 그 품질에 의해 영향 받는다(Færgestad 등, 2000). 제조된 식빵에 첨가된 밀가루의 양의 차이가 있는 GABA 미강 첨가구 경우에는 밀가루 함량의 감소에 따라 부피가 감소하는 것을 보였으며, 이는 양과 분말을 첨가한 빵의 부피가 감소한다는 연구에서는 양과 분말이 밀가루 단백질을 희석함으로 부피가 감소한다고 설명한 것과 비슷한 효과로 생각된다(Chun 등, 2001). 마찬가지로 메밀 분말을 첨가한 식빵에서 역시 첨가량에 따라 부피가 유의적으로 감소한다는 연구 결과가 있다(Kim 등, 2000). 이와 같이 미강에는 부피 형성에 중요한 밀 단백질이 존재하지 않으므로 미강 첨가로 빵의 부피가 감소되는 것으로 생각된다. 반면, 미강추출물 첨가구인 경우에는 고형물이 적은 액상 추출물의 첨가로 인한 밀가루 함량의 차이가 없기 때문에 대조구와 비교하여 부피의 차이가 거의 없다. 따라서 미강추출물을 빵에 첨가하는 경우(20%까지), 빵의 부피 및 비용적에 아무런 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다.

미강 및 미강추출물 첨가 식빵의 색도

물리적으로 처리된 GABA 미강 및 미강추출물의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 crumb과 crust의 색도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. GABA 미강 및 미강추출물을 첨가한 식빵의 crumb과 crust 모두 명도(L)가 감소하고, 적색도(a)와 황색도(b)는 증가하는 것으로 나타났다. 즉 대조구의 L값은 crumb은 82.78-82.52, crust은 71.95-73.6이며, GABA 미강과 미강추출물의 첨가량이 증가함에 따라 점차 감소하였다. 20% GABA 미강 첨가구(P20)는 crumb의 L값은 51.94, crust의 경우는 45.33이며, 20% 미



Fig. 1. Crumb of white pan breads added with treated rice bran and its extract.

강추출물 첨가구(E20)는 crumb은 71.76, crust은 66.04였다. 대조구의 a값은 crumb은 0.32-0.88, crust은 7.77-8.26이며, GABA 미강과 미강추출물의 첨가량이 증가함에 따라 점차 증가하였으며, 20% GABA 미강 첨가구는 crumb은 10.39, crust은 17.49이며, 미강추출물 20% 첨가구는 crumb은 4.44, crust은 12.35였다. 빵 제조 시 갈색화 반응의 영향을 덜 받는 crumb은 crust보다 높은 L 값과 낮은 a와 b값을 갖고 있으며, GABA 미강 및 미강추출물의 첨가량이 증가함에 따라 L, a 및 b값이 유의적인 차이가 나타났다.

GABA 미강과 미강추출물을 첨가한 빵이 전체적으로 낮은 L 값과 높은 a와 b값을 갖는 것은 GABA 미강과 미강추출물의 색도에 영향을 주는 것으로 생각되며, 미강 고유의 색 뿐만 아니라, 비단백질 아미노산인 GABA와 환원당이 반응하는 메일라드 반응(Maillard reaction)이 증가했기 때문으로 생각된다. 빵의 색은 가열에 의해 전분의 텍스트란화와 캐러멜화로 인해 영향을 받지만(Chevallier 등, 2000), 주로 발효 중에 전분과 단백질의 열분해에 의해서 작은 분자가 되고, 이 때 생성된 당과 아미노산이 제빵 과정 중에 마일라드 반응을 한다고 알려져 있다(Chung 등, 2014). 따라서 어두운 황색을 띄는 미강을 식빵에 첨가 시 밝기가 감소하는 것은 단백질 함량이 증가했기 때문이라고 생각된다. 또한, 식빵의 황색도와 적색도의 증가는 미강의 자연 색소인 폴리페놀과 카로테노이드에 의한 것일 수 있다(Choi 등, 2007). 식빵의 단면도에서도 GABA 미강 혹은 미강추출물의 첨가 농도가 증가할수록, 밝기가 어두워졌음을 육안으로 확인할 수 있었으며 (Fig. 1), 식빵 제조 배합 중 밀가루 함량이 낮은 GABA 미강 첨가구가 미강추출물 첨가구보다 색도 중 밝기가 낮았다.

미강 및 미강추출물 첨가 식빵의 수분함량

GABA 미강 및 미강추출물의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵을 1-3일 저장하면서 수분함량의 변화를 측정한 결과, 모든 시료에서 수분함량의 변화가 2% 이하로 매우 작았다(결과 제시 안함). 저장 전 대조구와 첨가구의 초기 수분함량은 42.4%이었고, 저장 기간 3일째, 대조구의 수분함량은 40.0%로 감소하였다. GABA

미강 첨가구의 경우, 3일 저장 후 수분함량은 40.7-41.7%이고, 미강추출물 첨가구의 경우 40.3-40.5%로 나타나, GABA 미강 및 미강추출물 첨가에 의해 수분의 감소가 다소 저지되는 경향을 보였다($p<0.05$).

탈지 미강의 첨가 시 빵의 보수력이 높아진다는 연구결과가 보고된 바 있는데, 이는 식이 섬유 윗부분의 왁스층이 제거됨으로 수분 침투력이 증가되기 때문이라고 설명하고 있다(Lima 등, 2002). 또한, 미강에 소량 함유되어 있는 쌀 전분 및 수용성 섬유질에 의해 보수력이 증가한 것으로 보인다.

미강 및 미강추출물 첨가 식빵의 텍스처

GABA 미강 및 미강추출물의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵을 3일간 저장하는 동안 텍스처(경도, 탄력성 및 씹힘성 등)의 변화를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 텍스처 중 가장 중요한 특성인 경도(hardness)는 시간이 경과함에 따라 모든 시료에서 증가되었으나 대조구에 비해 첨가구의 경도 증가의 폭이 낮게 나타났다. 미강추출물 첨가구를 사용하는 경우의 경도가 가장 낮았다. 저장 1일째, 대조구의 경도는 438.2 g/cm²이며, GABA 미강 20% 첨가구의 경도는 1083.1 g/cm²로 가장 높았으며, GABA 미강의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 높아졌다. 저장 기간 3일째, 대조구의 경도는 900.7 g/cm²이며, GABA 미강 20% 첨가구의 경도는 1595.9 g/cm²로 가장 높았다. 반면, 저장 1일째 미강추출물 첨가구의 경우, 304-336 g/cm²로 대조구에 비해 낮은 경도를 보였다($p<0.05$). 저장 기간 3일째, 미강추출물 첨가구인 E5, E10, E15 및 E20의 경도가 각각 507.2, 525.7, 511.2 및 539.4 g/cm²로 대조구에 비해 현저하게 낮았다. 빵의 부피가 대조구와 비슷했던 미강추출물 첨가구는 대조구와 GABA 미강 첨가구보다 유의적으로 경도가 가장 낮았다. 이러한 결과는 빵의 부피가 클수록 저장기간 동안 단단해지는 경향이 작다는 이전 연구 결과와 일치한다(Axford 등, 1968). 대조구와 미강추출물 첨가구 간에 저장기간 중 수분의 감소도 미미하므로, 저장 중 경도 변화는 수분 손실에 기인한 것이 아니라는 것을 알 수 있다. 또한 대조구와 미

Table 3. Color values of crumb and crust in white pan breads added with treated rice bran and its extract¹⁾

Samples	Color		
	L	a	b
Crumb			
Control	82.78±0.39 ^a	-0.32±0.27 ^e	17.19±1.10 ^c
P5	68.76±0.89 ^b	4.81±0.14 ^d	24.33±0.49 ^b
P10	61.36±0.42 ^c	7.62±0.14 ^c	26.78±0.25 ^a
P15	55.93±1.23 ^d	9.42±0.53 ^b	27.82±0.98 ^a
P20	51.94±1.33 ^e	10.39±0.13 ^a	28.00±0.35 ^a
Crust			
Control	71.95±0.49 ^a	7.77±0.26 ^c	31.63±0.82 ^b
P5	65.49±0.89 ^b	11.01±0.31 ^d	31.92±0.90 ^b
P10	55.87±0.94 ^c	14.88±0.92 ^c	32.33±1.50 ^a
P15	50.23±3.86 ^d	16.25±1.82 ^b	32.77±0.69 ^a
P20	45.33±0.81 ^e	17.49±0.35 ^a	33.80±20.38 ^a
Samples	Color		
	L	a	b
Crumb			
Control	82.52±0.27 ^a	-0.88±0.04 ^c	15.07±0.22 ^d
E5	79.74±0.42 ^b	1.21±0.20 ^d	19.23±0.78 ^c
E10	75.33±0.54 ^c	2.90±0.15 ^c	22.75±0.36 ^b
E15	75.18±0.92 ^c	3.32±0.25 ^b	22.93±0.57 ^b
E20	71.76±0.56 ^d	4.44±0.02 ^a	25.21±0.18 ^a
Crust			
Control	73.66±2.14 ^a	8.26±1.65 ^b	31.36±1.33 ^d
E5	70.12±2.72 ^b	10.03±1.88 ^{ab}	33.41±1.66 ^c
E10	69.52±0.43 ^b	10.25±0.42 ^{ab}	33.67±0.38 ^{bc}
E15	67.86±1.87 ^c	10.72±1.45 ^{ab}	34.38±1.35 ^b
E20	66.04±1.07 ^d	12.35±1.19 ^a	35.78±1.25 ^a

¹⁾Data were expressed as mean±standard deviation of triplicate measurements, and different alphabets in the same column were different with statistical significance ($p<0.05$). Control was the bread without additive, P5-20 samples were the breads containing 5-20% treated rice bran, and E5-20 samples were those containing 5-20% rice bran extract.

강추출물 첨가구 간에 수분함량의 차이가 거의 없으므로, 저장에 따른 두 첨가구 간의 경도 변화 차이 역시 수분함량에서 기인하지 않는다는 것을 알 수 있다. 빵의 저장 중 텍스처의 변화는 전분의 노화 및 단백질과 전분 간의 상호작용의 결과라는 연구결과가 있다(Chevallier 등, 2000). 결과적으로, 미강추출물 첨가구가 가장 낮은 경도를 보이며, 대조구, GABA 미강 첨가구 순으로 경도가 높아졌다. 경도와 마찬가지로 씹힘성(chewiness)도 대조구와 첨가구에서 시간이 경과함에 따라 증가하였으며, GABA 미강 첨가구에서는 가장 높은 값을 갖고, 미강추출물 첨가구에서 가장 낮은 값을 나타냈다(Fig. 2). 탄력성(springiness)은 0.4-0.5로 대조구와 첨가구에서 거의 차이가 없으며, 저장 기간이 경과 후에도 차이가 거의 없었다. 이상과 같은 결과, GABA 미강의 첨가는 저장 중 일어나는 전분 노화에 의한 텍스처의 변화를 억제하는 효과는 없었으나, 미강추출물의 첨가는 경도 증가를 억제함으로 식빵의 노화를 억제하는 효과가 두드러졌다.

미강 및 미강추출물 첨가 식빵의 GABA 함량

제빵에 사용되는 밀가루에도 미량의 GABA가 존재하나 제빵 과정 중에 마이라드 반응에 의해 대부분 파괴된다(Lamberts 등,

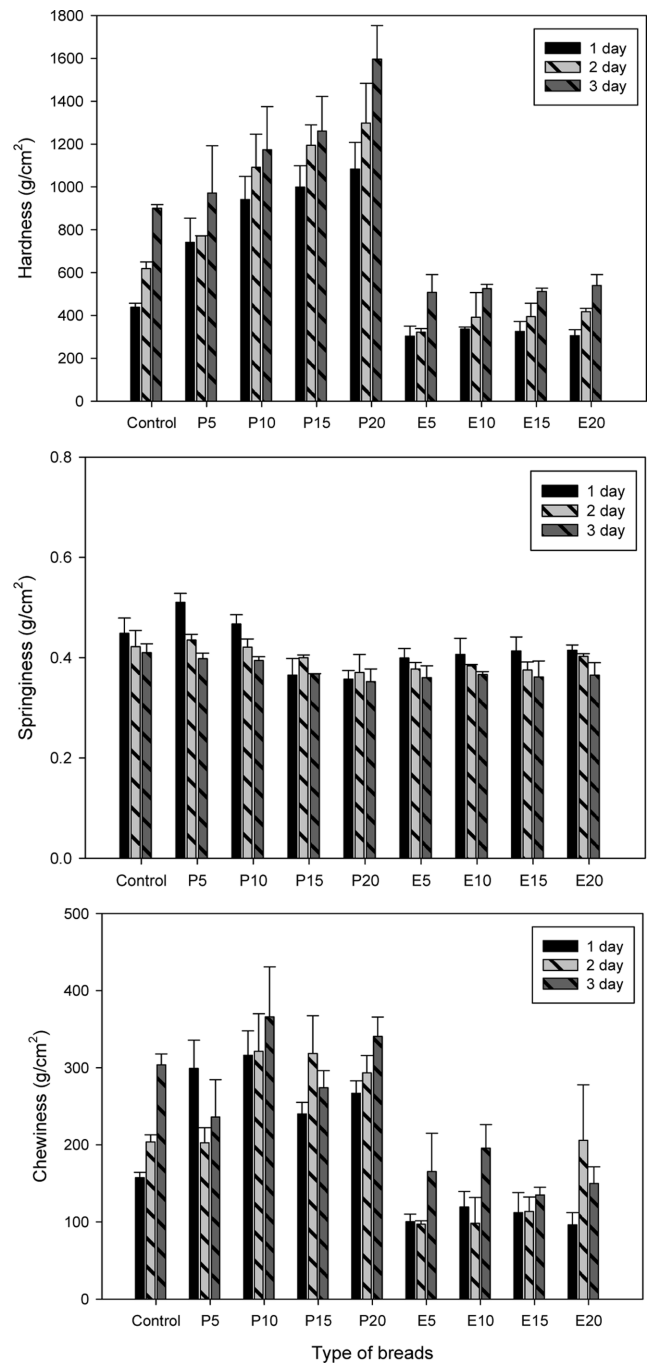


Fig. 2. Texture of white pan breads added with treated rice bran and its extract. Control was the bread without additive, P5-20 samples were the breads containing 5-20% treated rice bran, and E5-20 samples were those containing 5-20% rice bran extract.

2012). 물리적 처리로 GABA 함량이 증가된 미강과 미강추출물을 첨가한 식빵의 GABA 함량 변화는 Fig. 3과 같다. 대조구의 GABA 함량은 0.7 mg/100 g으로 가장 낮았고, 대조구에 소량의 GABA가 함유되어 있는 것은 제빵 과정 중 혼합과 발효에 의해 밀가루에 있던 글루탐산 카복실기제거효소(glutamate decarboxylase, GAD)가 활성화 되어 글루탐산을 GABA로 전환된 것으로 생각되며(Lamberts 등, 2012), 밀가루 내의 GAD보다 주로 효모에 의해 GABA와 GABA 전구체의 함량이 늘어나는 것으로 알려져 있다(Lamberts 등, 2012).

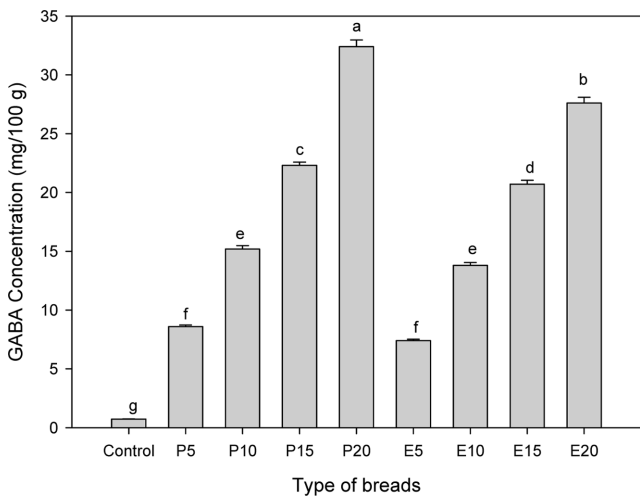


Fig. 3. GABA contents in white pan breads added with treated rice bran and its extract. Control was the bread without additive, P5-20 samples were the breads containing 5-20% treated rice bran, and E5-20 samples were those containing 5-20% rice bran extract. Bars marked with different letters were different with statistical significance ($p < 0.05$).

GABA 미강 첨가구인 P5, P10, P15 및 P20의 GABA 함량은 각각 8.4, 15.5, 22.2 및 32.3 mg/100 g이며, 대조구 대비 최대 45 배 증가된 것으로 나타났다. 미강추출물 첨가구인 E5, E10, E15 및 E20의 GABA 함량은 각각 7.2, 13.8, 20.7 및 27.6 mg/100 g이며, 대조구 대비 최대 38배 증가된 것으로 나타났다. GABA 미강(200 mg/100 g) 및 미강추출물(200 mg/100 g)을 5, 10, 15 및 20% 첨가한 식빵 내 초기 GABA 함량은 10, 20, 30 및 40 mg/100 g이며(결과 제시 안함), 초기 GABA 함량에 준하여 계산한 결과 제빵 과정 중 약 16-31% 정도 손실이 발생하였다. 이는 첨가된 미강 및 미강추출물 내 GABA의 일부가 반죽의 발효 과정 중 효모(yeast)에 의해 소모되었거나(Collar 등, 1992; De Barber 등, 1989), 제빵 과정 중 메일라드 반응에 의해 분해되는 것으로 생각되며(Lamberts 등, 2012), 발효보다는 메일라드 반응에 의한 분해가 더욱 영향을 미치는 것으로 생각된다.

식품 내 GABA의 함량을 매우 소량이거나 제조과정 중 열에 의해 GABA의 함량 손실이 생기기 때문에 GABA의 함량이 증가된 식품을 섭취해야 한다. 본 연구 결과와 같이 미강추출물을 20% 첨가하여 빵에 GABA 함량이 약 30 mg/100 g로 강화된 식빵은 건강기능성 식품으로 GABA의 생리활성 증진 효과를 충분히 부여할 것으로 기대된다.

요 약

본 연구에서는 물리적 처리로 GABA 함량을 증가시킨 미강 및 이의 열수 추출물을 밀가루 중량의 20%까지 첨가하여 식빵을 제조하고, 물리적 특성, 저장 중 텍스처의 변화 및 잔유 GABA 함량을 분석하였다. 부피와 비용적용은 대조구에 비해 GABA 미강 첨가구는 감소한 반면, 미강추출물 첨가구는 약간 증가하거나 유지되었으며, 무게는 대조구와 첨가구에 차이가 없었다. 색도는 대조구 대비 GABA 미강과 미강추출물의 첨가량의 증가에 따라 L 값은 감소하고, a와 b 값은 증가하여 색이 진해지는 현상을 나타냈다. 저장 중 빵 시료는 밀폐된 용기에 보관되어 수분함량의 변화는 2%이하로 아주 미미하였으나, GABA 미강 및 미강추출

물 첨가로 수분감소를 다소 줄일 수 있었다. 경도(hardness) 및 씹힘성(chewiness) 등의 텍스처는 시간이 경과함에 따라 모든 시료에서 증가 되었으나, 경도는 대조구에 비해 첨가구의 증가 폭이 낮게 나타났으며, 특히 미강추출물 첨가구에서는 대조구에 비해 2배 이상의 낮은 경도를 보였다. 탄력성(springiness)은 대조구와 첨가구에서 거의 차이가 없으며, 저장 기간이 경과 후에도 차이가 거의 없었다. 빵의 GABA 함량은 GABA 미강 및 미강추출물 첨가로 대조구 대비 40배 가량의 증가 효과를 나타내어, GABA 일부가 열에 의해 손실되었으나 상당량 잔유함을 나타냈다. 이와 같은 결과를 종합하여 볼 때 GABA 미강을 직접 첨가하는 것보다 미강추출물을 첨가하여 제빵하는 것이 적절하며, 미강추출물을 5-20% 첨가하여 빵의 저장성이 향상될 수 있으며, GABA 첨가 효과로 건강기능성이 우수한 빵을 제조할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부의 재원으로 한국식품연구원에서 진행되는 “전분질 식품소재의 노화 억제 기술 개발”(과제번호: E0164800-02)의 지원으로 수행됨.

References

Abdul-Hamid A, Luan YS. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chem.* 68: 15-19 (2000)

Arab F, Alemzadeh I, Maghsoudi V. Determination of antioxidant component and activity of rice bran extract. *Sci. Iran.* 18: 1402-1406 (2011)

Axford D, Colwell K, Cornford S, Elton, G. Effect of loaf specific volume on the rate and extent of staling in bread. *J. Sci. Food Agric.* 19: 95-101 (1968)

Bechtel W, Meisner D, Bradley W. The effect of the crust on the staling of bread. *Cereal Chem.* 30: 160-168 (1953)

Bhat FM, Riar CS. Extraction, identification and assessment of antioxidative compounds of bran extracts of traditional rice cultivars: An analytical approach. *Food Chem.* 237: 264-274 (2017)

Campbell AM, Penfield MP, Griswold RM. *The Experimental Study of Food*, Houghton Mifflin Co., Boston, MA, USA (1979)

Chevallier S, Colonna P, Della Valle G, Lourdin D. Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *J. Cereal Sci.* 31: 241-252 (2000)

Choi Y, Jeong HS, Lee J. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem.* 103: 130-138 (2007)

Chun S, Park J, Cho Y, Kim M, Kim R, Kim K. Effect of onion powder addition on the quality of white bread. *Korean J. Food Nutr.* 14: 346-354 (2001)

Chung HJ, Cho A, Lim ST. Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LWT-Food Sci. Technol.* 57: 260-266 (2014)

Collar C, Mascars AF, Barber CB. Amino acid metabolism by yeasts and lactic acid bacteria during bread dough fermentation. *J. Food Sci.* 57: 1423-1427 (1992)

De Barber C. B., Prieto J, Collar C. Reversed-phase high-performance liquid chromatography analysis of changes in free amino acids during wheat bread dough fermentation. *Cereal Chem.* 66: 283-288 (1989)

Færgestad E, Molteberg E, Magnus E. Interrelationships of protein composition, protein level, baking process and the characteristics of hearth bread and pan bread. *J. Cereal Sci.* 31: 309-320 (2000)

Fürst P, Pollack L, Graser T, Godel H, Stehle P. Appraisal of four pre-column derivatization methods for the high-performance liquid chromatographic determination of free amino acids in biological materials. *J. Chromatogr. A* 499: 557-569 (1990)

He H, Hosney R. Changes in bread firmness and moisture during

- long-term storage. *Cereal Chem.* 67: 603-605 (1990)
- Inoue K, Shirai T, Ochiai H, Kasao M, Hayakawa K, Kimura M, Sansawa H. Blood-pressure-lowering effect of a novel fermented milk containing γ -aminobutyric acid (GABA) in mild hypertensives. *Eur. J. Clin. Nutr.* 57: 490-495 (2003)
- Kalueff A, Nutt D. Role of GABA in memory and anxiety. *Depress. Anxiety* 4: 100-110 (1996)
- Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY. Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 930-936 (2004)
- Kim BR, Choi YS, Lee SY. Study on bread-making quality with mixture of buckwheat-wheat flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 241-247 (2000)
- Kim HS, Lee EJ, Lim ST, Han JA. Self-enhancement of GABA in rice bran using various stress treatments. *Food Chem.* 172: 657-662 (2015)
- Lamberts L, Joye IJ, Belin T, Delcour JA. Dynamics of γ -aminobutyric acid in wheat flour bread making. *Food Chem.* 130: 896-901 (2012)
- Lee YH, Moon TW. Composition, water-holding capacity and effect on starch retrogradation of rice bran dietary fiber. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 288-294 (1994)
- Lim SD, Kim KS. Effects and utilization of GABA. *J. Milk Sci. Biotechnol.* 27:45-51 (2009)
- Lima I, Guraya H, Champagne E. The functional effectiveness of reprocessed rice bran as an ingredient in bakery products. *Nahrung* 46: 112-117 (2002)
- Oh SJ, Kim HS, Lim ST, Reddy CK. Enhanced accumulation of gamma-aminobutyric acid in rice bran using anaerobic incubation with various additives. *Food Chem.* 271: 187-192 (2019)
- Oh CH, Oh SH. Effects of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancer cell proliferation and apoptosis. *J. Med. Food* 7: 19-23 (2004)
- Oh SH, Soh JR, Cha YS. Germinated brown rice extract shows a nutraceutical effect in the recovery of chronic alcohol-related symptoms. *J. Med. Food* 6: 115-121 (2003)
- Ragae S, Guzar I, Dhull N, Seetharaman K. Effects of fiber addition on antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread. *LWT-Food Sci. Technol.* 44: 2147-2153 (2011)
- Sairam S, Gopala Krishna AG, Urooj A. Physico-chemical characteristics of defatted rice bran and its utilization in a bakery product. *J. Food Sci. Technol.* 48: 478-483 (2011)
- Sharif MK, Butt MS, Anjum FM, Khan SH. Rice bran: a novel functional ingredient. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 54: 807-816 (2014)
- Skurray GR, Wooldridge DA, Nguyen M. Rice bran as a source of dietary fibre in bread. *International J. Food Sci. Technol.* 21: 727-730 (1986)
- Vaiva G, Thomas P, Ducrocq F, Fontaine M, Boss V, Devos P, Rascle C, Cottencin O, Brunet A, Laffargue P. Low posttrauma GABA plasma levels as a predictive factor in the development of acute posttraumatic stress disorder. *Biol. Psychiat.* 55: 250-254 (2004)